

Requested Patent: JP2241195A

Title: SPEAKER DEVICE HAVING DIRECTIVITY ;

Abstracted Patent: JP2241195 ;

Publication Date: 1990-09-25 ;

Inventor(s):

INMAKI NAOFUMI; OYABA TAKASHI; MORIKAWA HIDEAKI; KARI YASUO ;

Applicant(s):

NIPPON TELEGRAPH TELEPHONE; PIONEER ELECTRONIC CORP ;

Application Number: JP19890061715 19890314 ;

Priority Number(s): JP19890061715 19890314 ;

IPC Classification: H04R1/26 ;

Equivalents: JP2675388B2 ;

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To obtain strong directivity, and to miniaturize a speaker device by dividing reproduced frequency band into two, reproducing a low frequency range by two speakers, reproducing a high frequency range by a single speaker, and specifying the arrangement of the speakers.

**CONSTITUTION:** The reproduced frequency band is divided into two, the low frequency range is reproduced by the two speakers, and the high frequency range is reproduced by a single speaker, namely the ranges are reproduced by the total three speakers. In such a case, the relation between an interval (d) of the two speakers on the low frequency range and a wavelength  $\lambda_{dc}$  of a divided frequency  $f_c$  is set at  $0.5 \lambda_{dc}$

pc9095  
1/6

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-241195

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)9月25日

H 04 R 1/26

8946-5D

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 指向性を有するスピーカ装置

⑯ 特 願 平1-61715

⑰ 出 願 平1(1989)3月14日

⑱ 発 明 者 印 牧 直 文 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
⑱ 発 明 者 大 矢 場 隆 史 埼玉県所沢市花園4丁目2610 バイオニア株式会社所沢工場内  
⑱ 発 明 者 森 川 秀 昭 埼玉県所沢市花園4丁目2610 バイオニア株式会社所沢工場内  
⑱ 発 明 者 鷹 也 寸 雄 埼玉県所沢市花園4丁目2610 バイオニア株式会社所沢工場内  
⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
⑲ 出 願 人 バイオニア株式会社 東京都目黒区目黒1丁目4番1号  
⑳ 代 理 人 弁理士 澤井 敬史

明 細 書

1. 発明の名称

指向性を有するスピーカ装置

2. 特許請求の範囲

(1) 再生周波数帯域を2分割し、低域側を2本のスピーカで、高域側を1本のスピーカで再生するようにしたスピーカであって、その配置において低域側2本のスピーカの間隔を $d$ としたとき、分割周波数 $f$ における波長 $\lambda$ との関係において

$$0.5\lambda < d < 1.5\lambda \text{ とし}$$

かつ、高域側スピーカを低域側スピーカの中央に配置したことを特徴とする指向性を有するスピーカ装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、複数のスピーカを適当な距離を置いて

て配設することによりその音波の干渉によって特定の方向に強い音圧が得られるようにした指向性を有するスピーカ装置の改良に関するものである。

(従来技術)

従来のこの種の指向性を有するスピーカ装置としては、多数のスピーカを一定の距離 $d$ だけ離れて一列に並べた第5図のトーンゾイレ方式が知られている。

トーンゾイレ方式の指向特性を検討すると、まず、第3図のように2つのスピーカからの音圧は中心軸 $P_0$ から90度方向の $P_{90}$ では $d = \lambda/2$  ( $\lambda$  = 波長)なる周波数 $f$ では位相差が180度生じるため打消し合い、音圧はゼロとなる。そして、中心軸 $P_0$ では強め合うため音圧レベルのピークを生じ中心軸 $P_0$ と90度方向の $P_{90}$ の中間の角度における $P_{\theta}$ では、 $P_0$ から $P_{90}$ に至るに従い弱くなり $d = \lambda/2$ では第4図に示す指向性パターンが得られる。しかし、 $d = \lambda$ なる周波数においては、 $P_{90}$ では強め合うため、第4図点

線のような指向性パターンとなる。

この指向特性を多数のスピーカで合成すると、第5図のトーンゾイレ方式のスピーカ装置では、中音域では第6図の実線Aで示す指向性パターン、低音域では点線Bで示す指向性パターンとなる。

〔発明が解決しようとする課題〕

このように、トーンゾイレ方式のスピーカ装置では、中音域、低音域で指向性パターンが異なり、充分な指向特性が得られなかった。

また、各スピーカSPの間隔が $d = \lambda / 2$ となることが必要であり、装置全体が大型化してしまう欠点がある。

更に、この方式では、指向性の度合い（強さ）を容易に強めたり弱めたり出来ない。このため、聴取者がまわりの音環境や再生音の内容等に応じて指向性によって生じる聴取範囲を拡げたり縮小したりすることが難しいという欠点がある。例えば、反射し易い壁が部屋の側面にある環境で再生音を聴く場合、当該者が側面にいかにないように指向性を高めスピーカ前方の狭い聴取範囲に設定す

る必要がある。他方、当該反射壁が聴取者の後方にある環境では当該壁の反射量を低減させるため逆に指向性を弱める必要がある。このように音環境が変化した場合にも即応出来るように、偏向板の操作のごとく指向性の度合い（強さ）を可変に出来るスピーカが望まれている。

従来の再生方式として、この他に指向性の強い超音波を利用したパラメトリックスピーカが実用化されているが、超音波の発生装置（変調装置）が必要なこと、大きな音圧レベルを得ることが困難なこと、低音域の再生が原理的に困難なこと等の問題があり、広く普及するには至っていない。

本発明は、従来の複数のスピーカによる指向性を有するスピーカ装置の欠点を除去し、中心軸方向に強い指向性を得ると共に、小型化が可能で、又偏向板の操作のごとく指向性の度合い（強さ）を可変に実現出来るスピーカ装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決する手段〕

本発明は、従来のトーンゾイレ方式に比して、

- 3 -

再生周波数帯域を2分割し低域側を2本のスピーカで高域側を1本のスピーカ即ち合計3本のスピーカでより強い指向性を実現出来ることを最も主要な特徴とする。これによりスピーカの小型化が容易に実現出来るばかりでなく、該高域用スピーカを1本にすることによって該高域用スピーカを中心点にして、更に低域側への拡大や指向性の度合い（強さ）を可変にする構成が容易に実現出来る技術であることが従来の技術と異なる。

〔実施例〕

次に本発明の第1の実施を第1図、第2図に基づいて説明する。 $L_L$ 、 $L_H$ はその音圧が $f_L$ において6dB減衰し、 $2f_L$ において18dB減衰するようなローパスフィルターを通して信号が入力される左右に配設された2本一組のスピーカで、その間隔は $f_L$ における波長 $\lambda_L$ に相当する距離 $d$ で配設されている。

また $H$ は、音圧が $f_H$ において6dB減衰し、 $f_H/2$ において18dB減衰するようなハイパスフィルターを通して信号が入力される。

- 5 -

- 4 -

更に入力信号レベルは $L_L$ 、 $L_H$ に対し $H$ のそれは2倍となるように調節されている。またそれぞれのスピーカは同じ出力音圧レベルを有するとともに、高域側スピーカの $90^\circ$ 方向における指向性関数 $D$ が周波数 $2f_L$ で $D=0.25$ となるように口径を選択すれば $f_L$ （ $=f_L/2$ ）および $f_H$ ではそれぞれ $D \sim 0.95$ 、 $D \sim 0.75$ となる。

このように配設したスピーカの正面軸上の点 $P$ 。に対し、 $90^\circ$ 方向で十分に離れた距離 $r$ の点 $P_0$ における合成音圧 $P_0$ は、次式で表わされる。

$$P_0 \sim \frac{U}{4\pi r} \left\{ G_1 e^{j(\omega t + \alpha)} e^{j(\omega t - k(r+d/2))} + G_1 e^{j(\omega t + \alpha)} e^{j(\omega t - k(r-d/2))} + 2D \cdot G_2 e^{j(\omega t + \alpha)} e^{j(\omega t - kr)} \right\} \dots (1)$$

ただし  $U$  ; 音源スピーカの体積速度

$k$  ; 波数 ( $= \omega/c = 2\pi f/c$ )

$c$  ; 音速

$G_1$  ; 低域側フィルターのゲイン

$\alpha$  ; 低域側フィルターの位相

- 6 -

$G_1$  : 高域側フィルターのゲイン

$\beta$  : 高域側フィルターの位相

従って、周波数  $f_1 = f_c / 2$  においては  
 $G_1 \sim 1$ 、 $\alpha \sim 0$ 、 $G_2 \sim -18\text{dB}$  (与 0.125)  
 であるから

$$P_{tr1} \sim \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \left\{ e^{-jk(r+d/2)} + e^{-jk(r-d/2)} + 2D \cdot 0.125 e^{-j(kr-\beta)} \right\}$$

$$= \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \left\{ e^{-jkr} \cdot 2 \cos(kd/2) + 2D \cdot 0.125 e^{-j(kr-\beta)} \right\}$$

ここで  $d = \lambda_c = \pi/k$ 、 $D = 0.95$  選んでいるから、 $\cos(kd/2) = 0$

従って

$$P_{tr1} \sim \frac{U}{4\pi r} \times 0.25 e^{j(\omega t - kr + \beta)} \quad \dots (2)$$

次に周波数  $f_2 = 2f_c$  においては

$$P_{tr2} \sim \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \left\{ e^{-j(kr+\pi/2)} + 2D \cdot 0.5 e^{-j(kr+\pi/2)} \right\}$$

$$= \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \cdot e^{-j(kr+\pi/2)} \cdot \cos(k \frac{d}{2} + D)$$

ここで  $d = \lambda_c$ 、 $D = 0.75$ 、  
 $\cos(kd/2) = \cos(\pi) = -1$  であるから

$$P_{tr2} \sim \frac{U e^{j(\omega t - kr - \pi/2)}}{4\pi r} \cdot (-1 + 0.75) \quad \dots (4)$$

更に中心軸上  $P_0$  における音圧  $P_{t0}$  は

$$P_{t0} \sim \frac{U}{4\pi r} \cdot 4 e^{j(\omega t - kr)} \quad \dots (5)$$

となるから、軸上音圧に対する  $90^\circ$  方向の音圧の絶対値の比は、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_c$  においてそれぞれ

$$R_{r1} = \left| \frac{P_{tr1}}{P_{t0}} \right| = \frac{0.25}{4} = -24.1\text{dB}$$

$$R_{r2} = \left| \frac{P_{tr2}}{P_{t0}} \right| = \frac{0.25}{4} = -24.1\text{dB}$$

$G_1 \sim 0.125$ 、 $\alpha \sim \pi$ 、 $\beta \sim 0$

$$P_{tr2} \sim \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \left\{ 0.125 e^{-j(kr-\alpha)} \cdot 2 \cos(k \frac{d}{2}) + 2D e^{-jkr} \right\}$$

ここで  $\cos(kd/2) \sim 1$ 、 $D \sim 0.25$  であるから

$$P_{tr2} \sim \frac{U e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi r} \cdot (-0.25 + 0.5) \quad \dots (3)$$

次に  $f_1$  と  $f_2$  の中間の周波数である  $f_c$  においては、 $G_1 = 0.5$ 、 $\alpha = -\pi/2$ 、 $G_2 = 0.5$ 、 $\beta = \pi/2$  であり、高域側のフィルターの極性を逆に接続するものとすれば、 $\beta = -\pi/2$  とすることができる。従って

$$P_{trc} \sim \frac{U e^{j\omega t}}{4\pi r} \left\{ 0.5 e^{-j(k(r+d/2)+\pi/2)} + 0.5 e^{-j(k(r-d/2)+\pi/2)} \right\}$$

$$R_{rc} = \left| \frac{P_{trc}}{P_{t0}} \right| = \frac{0.25}{4} = -24.1\text{dB}$$

となり、軸上音圧  $P_{t0}$  に対して  $24\text{dB}$  以上減衰することになる。

また  $0^\circ \sim 90^\circ$  の間の角度においては、それぞれのスピーカからの音圧の距離差による位相差が各帯域において  $\pi/2$  以内となり打消しの効果が少なくなるもののピークを生じることはない。

従って第2図に示すように、スムーズに音圧が減衰する理想的な狭指向特性が得られる。

前記は、本発明の基本的な構成で3本のスピーカを1セットとして  $f_1 \sim f_2$  の2オクターブの帯域について、狭指向性を得ることができるが、更に2本のスピーカを、前記の関係を保って即ち、 $d' = \lambda_c'$ 、 $\lambda_c' = 4\lambda_c$  なる間隔で配設し、ローパスフィルターを通して信号を入力するとともに前記3本のスピーカによるスピーカシステム

にはハイパスフィルターを通して信号を入力することにより、容易に指向性を有する周波数帯域を低域側へ2オクターブ拡大することができる。この場合の動作は、前記3本のスピーカによるスピーカシステム全体が中央に配置した1本の高域側スピーカとして動作することになる。このブロック図を第7図に示す。

なお、本説明はコーン形スピーカを念頭に置いて説明したが、ホーン形スピーカであっても良い。その場合、駆動部は低域側、高域側それぞれ1本とし、低域側についてはホーン部を分割し、開口部を2箇所設けることにより、前記3本のスピーカと等価な動作とすることが可能である。この構造の実施例を第8図に示す。

なお、中央に配置する高域側スピーカの指向性に関しては下記のピストン円板の指向性関数の理論式より前記の關係を得る口径の選択は困難ではないことが分る。

$$D\theta = \left| \frac{2 J_1(k a \sin \theta)}{k a \sin \theta} \right|$$

- 1 1 -

した場合（即ち聴取平面上において）、強い指向性が保持されるが、垂直方向に移動した場合（即ち垂直面上において）、指向性がほとんど無く無指向性である。回転角度45°においては水平方向即ち聴取平面上の指向性は弱まり、垂直方向のそれは強まる。回転角度90°においては、回転角度0°の指向状態とは逆になり、聴取平面上の指向性は無指向性に、垂直面上の指向性は強い指向性が生じる。

第10図は、高域用スピーカ9の中心軸を回転軸にして支持台12で構成した実施例である。

第11図は円盤状の台にスピーカを配設した実施例で、スピーカ面の方向を3次元空間的に動作させることが可能な構成例である。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明は低域用スピーカ2本と高域用スピーカ1本を基本構成にするため、2オクターブの帯域において指向性が強い狭指向性が得られ、その軸上から遠ざかるにつれて指向性パターンにおけるサイドローブを持たないスム

ただし、

$J_1$  : 一次のベッセル関数

$a$  : スピーカの等価半径

$\theta$  : 基準軸となす角（=90°）

また、低域側スピーカの間隔 $d$ は必ずしも正確に $\lambda$ と等しい必要はなく、スピーカ自身の指向特性やキャビネットあるいはバッフルの形状等による回折効果も影響するため、 $\lambda$ よりやや小さいか、やや大きい方がより優れた狭指向性を示す場合もある。しかし、実験により±50%を超えると悪化することが判明している。

第9図(a)は、偏向板の操作のごとく指向性の度合い（強さ）を可変に出来るスピーカを構成した実施例である。高域用スピーカ9を支える固定台10を中心軸を回転軸にして、同心円状に低域用スピーカ7、8を支える回転台11を図中の矢印方向に動かすことによってスピーカ周辺の指向性の度合い（強さ）を変える。

第9図(b)は、回転角度を示す例である。回転角度0°において、聴取者の位置が水平方向に移動

- 1 2 -

一スな減衰特性とすることが出来る利点がある。

又、従来のドーンゾイレ方式に比して小型化することが出来るとともに、2本一組のスピーカを増設する毎に2オクターブづつ狭指向性の帯域を低域側へ拡大出来る利点がある。

更に、高域用スピーカの中心軸を回転軸にすることによって聴取平面上において、偏向板の操作のごとく指向性の度合い（強い）を可変に出来る利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例の説明図、第2図はその指向性パターンによる指向性の表示図、第3図は2本のスピーカの音圧説明図、第4図はその指向性パターンによる指向特性の表示図、第5図は従来のトーンゾイレ方式の原理図、第6図はその指向性パターンによる指向特性の表示図、第7図から第11図は本発明の他の実施例の説明図である。

1…ローパスフィルター、

- 1 3 -

- 1 4 -

- 2 … ハイパスフィルター、
- 3 … ローパスフィルター、
- 4 … ハイパスフィルター、
- 5 … 中域用スピーカ、
- 6 … 中域用スピーカ、
- 7 … 低域用スピーカ、
- 8 … 低域用スピーカ、
- 9 … 高域用スピーカ、
- 10 … 固定台、11 … 回転台、12 … 支持台

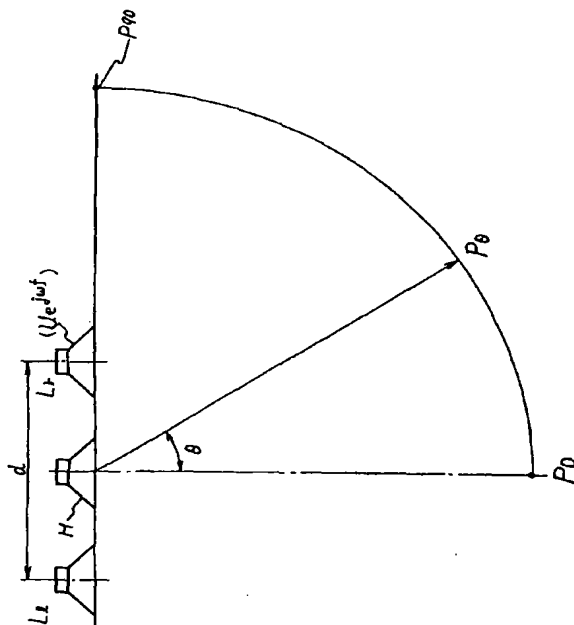
代理人

日本電信電話株式会社内

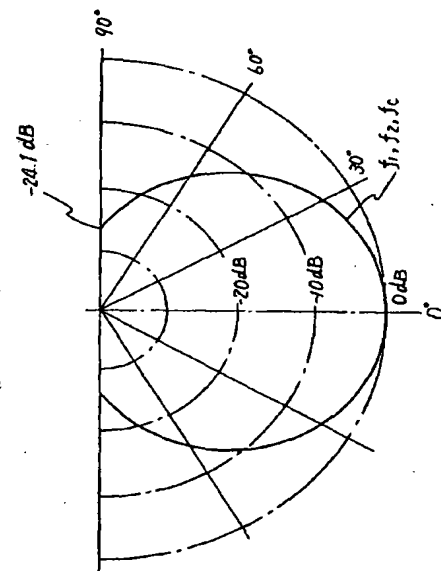
弁理士 澤井 敬 史



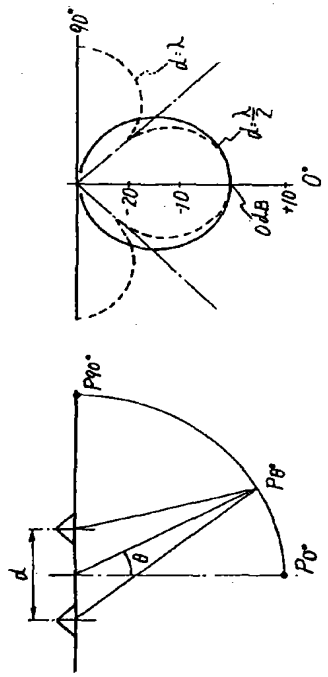
- 15 -



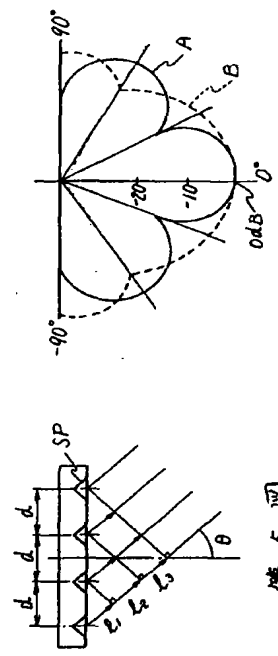
第 1 図



第 2 図

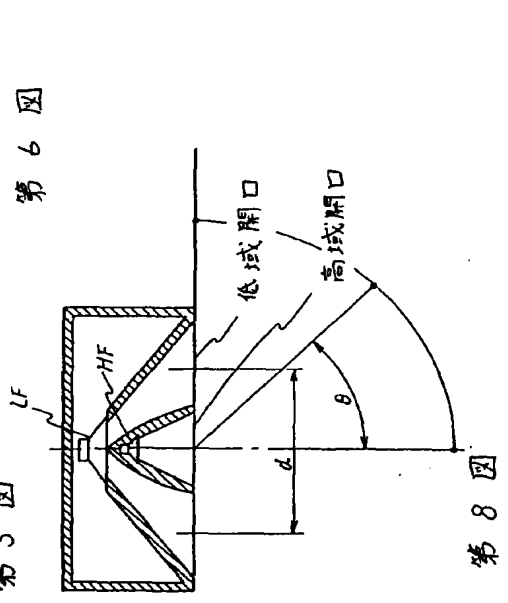


第 3 图



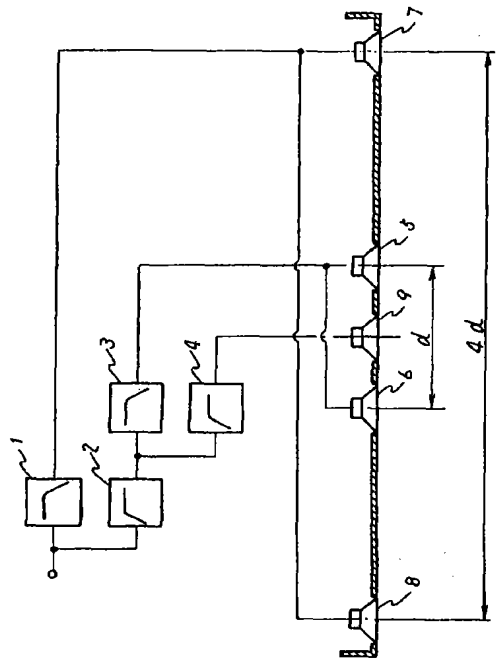
第 4 图

第 5 图

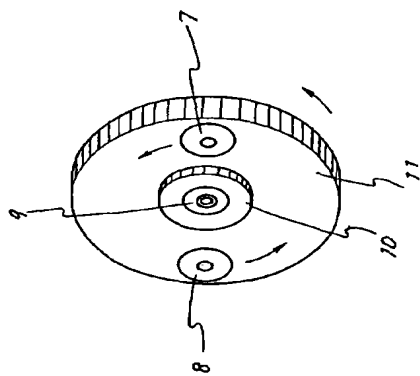


第 6 图

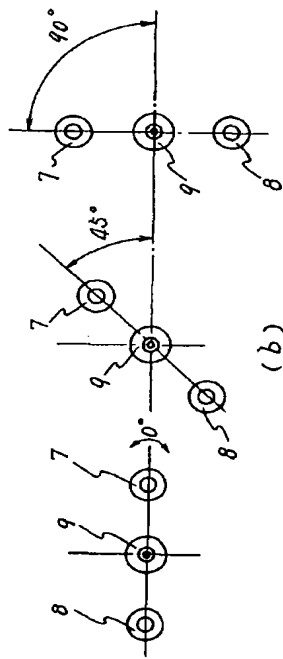
第 7 图



第 8 图

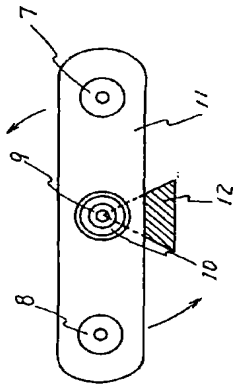


(a)

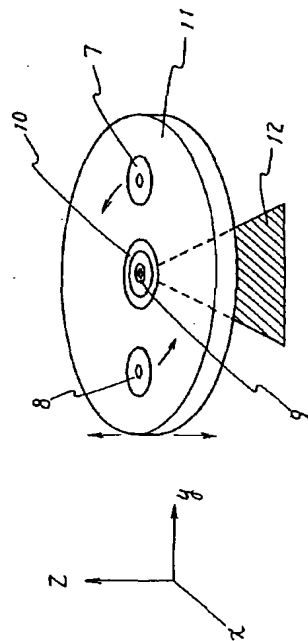


(b)

第 9 図



第 10 図



第 11 図